العلاقة بين بنية البروتين ووظيفته

التخصص الوظيفي للبروتينات

تعتبر البروتينات أهم المركبات الحيوية نظرا للأدوار الأساسية التي تقوم بها في الخلايا الحية، تتواجد في كل الخلايا الحية وفي كل أجزائها و تؤدي أدوارا مختلفة مثل الأنزيمات وبروتينات النقل، التخزين، التغذية ، الحركة ،هرمونات. . .الخ. و لكل بروتين تسلسل خاص من الأحماض الأمينية فرضه تتالي الرامزات في نوع الـARNm الذي شفر لصناعتها.

... ← وللقيام بتلك الوظائف هل تملك كل البروتينات نفس الشكل الفراغي والتركيب البنائي؟

و للاجابة عن هذا التساؤل نحقق هذه الدراسة:

مقارنة بين البنية الفراغية لبعض البروتينات

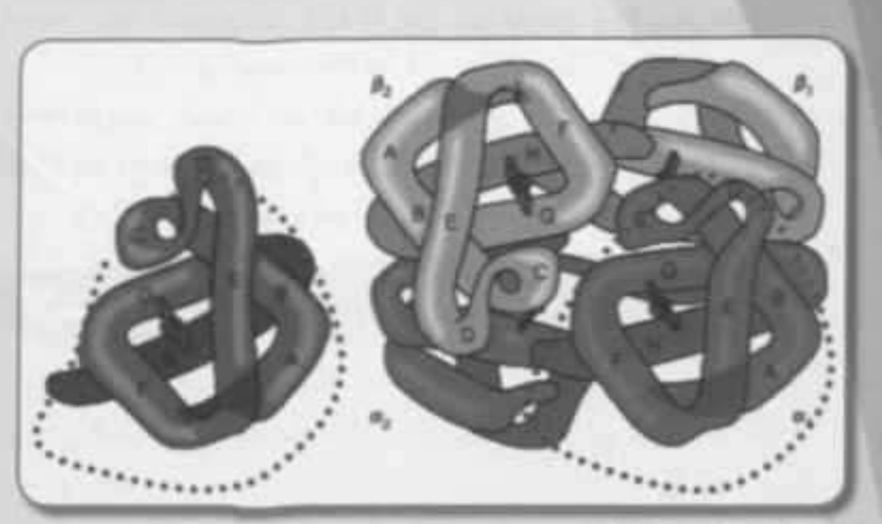
مثال : بنية ووظيفة الميوجلوبين Mb (خضاب العضلة) والهيموجلوبين Hb (خضاب الدم).



الهيموغلوبين



خضاب الدم العضلي



➢ وظيفة الميوجلوبين Mb :

مخزن للاكسجين (لوقت الحاجة) في العضلة .

➢ وظيفة الهيموجلوبين Hb:

نقل O_2 و CO_2 بين الرئتين والأنسجة .

➢ الفرق بين Mb و Hb في البنية:

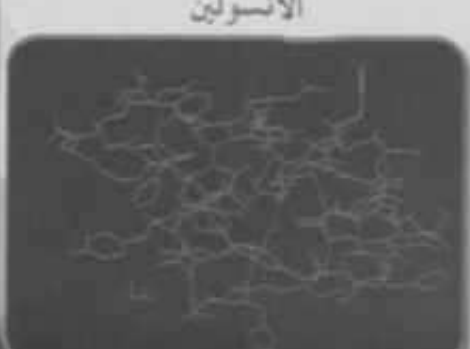
Mb :يتواجد في العضلة ، يتكون من سلسلة ببتيدية واحدة (بنية ثالثية)، تحتوي على : 146 حمضا أمينيا ، 8 مناطق حلزونية من نوع الفا ، 7 نقاط انعطاف ، مجموعة هيم واحدة ، ذرة Fe واحدة له القدرة على الارتباط بجزيء واحد من الأكسجين.

Hb : يتواجد في الدم (في كرات الدم الحمراء) ، يتكون من 4 سلاسل ببتيدية (α2 وβ2) كل سلسلة تشبه كثيرا Mb . يمكن القول ان Hb هو 4Mb من حيث البنية.

♦ المقارنة بين البنيات ثلاثية الأبعاد للبروتينات:

مثال : المقارنة بين الميوغلوبين و الأنسولين

الميوغلوبين	الأنسولين



• ماذا تستنتج من المقارنة بين الميوغلوبين و الهيموغلوبين حول بنية البروتينات.

• قارن بين البنيات الفراغية للميوغلوبين و الأنسولين من الصور المأخوذة عن مبرمج محاكاة مثل . رازمول **rasmol**) و الموضحة بالوثيقة (41 و 42)
و ماذا تستنتج حول العوامل المتحكمة في تحديد البنية ثلاثية الأبعاد ؟ .

الاستنتاج

البنية الفراغية للبروتين

كل بروتين له بنية فراغية محددة بدقة متناهية و تركيب بنائي خاص و مميز ، هذه البنية هي المسؤولة عن وظيفة هذا البروتين و اي تغير في البنية الفراغية يؤدي إلى فقدان الوظيفة .

بين استعمال مبرمج المحاكاة رازمول ان للبروتين تركيب ثابت و توزيع محدد للذرات في الفراغ.

من بين القواعد الهامة في انطواء البروتين المحب للماء مثل الهيموغلوبين و الميوغلوبين هو تواجد الأحماض الأمينية المحبة للماء على سطح البروتين و تواجد الأحماض الأمينية الكارهة للماء في داخل الجزيء .

القاعدة:

(احماض امينية محبة للماء على السطح و احماض امينية كارهة للماء في الداخل)
واي خلل في هذه القاعدة يؤدي إلى خلل في عمل البروتين.

• التركيب الفراغي ثلاثي الأبعاد للبروتين يحدده تسلسل الاحماض الأمينية .
• وظيفة البروتين يحددها التركيب الفراغي للبروتين.
• لكل نوع من انواع البروتينات تركيب خاص لا يوجد في انواع اخرى من البروتينات.
• كما ان لكل بروتين تسلسل خاص من الاحماض الأمينية.

الأحماض الأمينية

• يوجد 20 حمضا امينيا اساسيا تدخل في تركيب البروتيدات مهما كان مصدرها (فيروس، نبات، حيوان).

• لكل حمض اميني إسم لاتيني خاص و اسم مختصر مكون من الاحرف الثلاثة الاولى (إلا في بعض الحالات)، ويستعمل الاسم المختصر عند كتابة الاحماض الأمينية في البروتينات.

• الجدول التالي يظهر صيغ الأحماض الأمينية و هي في حالة تعادل كهربائي (PH = 7)

متعادلة	
$H-\underset{NH_3^+}{CH}-COO^-$ glycine Gly	CH_2 CH_2 $CH-COO^-$ $CH_2-NH_2^+$ proline Pro
$CH_3-\underset{NH_3^+}{CH}-COO^-$ alanine Ala	$C_6H_5-CH_2-\underset{NH_3^+}{CH}-COO^-$ phénylalanine Phe
$\frac{CH_3}{CH_3}>CH-\underset{NH_3^+}{CH}-COO^-$ valine Val	$CH_3-S-(CH_2)_2-\underset{NH_3^+}{CH}-COO^-$ méthionine Met
$\frac{CH_3}{CH_3}>CH-CH_2-\underset{NH_3^+}{CH}-COO^-$ leucine Leu	(indole, N–H) $-CH_2-\underset{NH_3^+}{CH}-COO^-$ tryptophane Trp
$\frac{CH_3-CH_2}{CH_3}>CH-\underset{NH_3^+}{CH}-COO^-$ isoleucine Ile	
$HO-CH_2-\underset{NH_3^+}{CH}-COO^-$ sérine Ser	$NH_2-CO-CH_2-\underset{NH_3^+}{CH}-COO^-$ asparagine Asn
$CH_3-\underset{HO}{CH}-\underset{NH_3^+}{CH}-COO^-$ thréonine Thr	$NH_2-CO-(CH_2)_2-\underset{NH_3^+}{CH}-COO^-$ glutamine Gln

$COO^- - CH_2 - CH(NH_3^+) - COO^-$ acide aspartique ou aspartate Asp	$COO^- - (CH_2)_2 - CH(NH_3^+) - COO^-$ acide glutamique ou glutamate Glu
$HS - CH_2 - CH(NH_3^+) - COO^-$ cystéine Cys	(imidazole) $- CH_2 - CH(NH_3^+) - COO^-$ histidine His
$HO - C_6H_4 - CH_2 - CH(NH_3^+) - COO^-$ tyrosine Tyr	
$NH_3^+ - (CH_2)_4 - CH(NH_3^+) - COO^-$ lysine Lys	$NH - (CH_2)_3 - CH(NH_3^+) - COO^-$; $C(NH_2)(NH_2^+)$ arginine Arg

... ← انطلاقا من تحليلك المقارن للصيغ المفصلة للأحماض الأمينية العشرون ،عين الوظائف المميزة والمشتركة بين هذه الأحماض الأمينية.

الاستنتاج : الأحماض الأمينية

تعتبر الأحماض الأمينية ابسط الجزيئات البروتيدية و هي الوحدات البنائية لبقية البروتيدات، و تشتمل على مجموعة وظيفية كربوكسيلية (COOH-) و مجموعة وظيفية امينية (NH2-) يشتهر منها حاليا حوالي 20 حمضا امينيا. يرمز للاحماض الامينية بالصيغة العامة التالية:

$$H_2N - \underset{H}{\overset{R}{C}} - COOH$$

حيث :

COOH - : تمثل مجموعة وظيفية حمضية

NH_2 - : تمثل مجموعة وظيفية امينية (قاعدية)

R : سلسلة طرفية متغيرة حسب نوع الحمض الأميني

هناك عدة طرق لتقسيم الأحماض الامينية اهمها تلك التي تعتمد على ما تحويه

السلسلة الجانبية من مجموعات قاعدية أو حامضية، وتقسم تبعا لذلك إلى ثلاثة اقسام اساسية :

الأحماض الأمينية المتعادلة :

وهي احماض امينية متعادلة يكون الجذر R فيها خال من المجموعات الحمضية و الامينية وتشمل 15 حمضا امينيا و تقسم بدورها إلى :

- احماض امينية اليفاتية: (الخطية) : الجليسين، الالانين، الفالين، اللوسين، الإيزولوسين.
- الاحماض الأمينية الكحولية (الهيدروكسيلية) : و هي احماض امينية متعادلة كذلك، إلا ان الجذر –R- يحتوي على مجموعة هيدروكسيل (OH)، وهي : السيرين و الثريونين.
- الاحماض الامينية الكبريتية: يحتوي الجذر –R- في هذه الاحماض على ذرة كبريت (S) وهي الميثيونين، و السيستين.
- الاحماض الأمينية العطرية: **يحتوي الجذر -R- فيها على نواة عطرية و هي:** التريبتوفانه التيروزين، الفينيل آلانين.
- الاحماض الامينية الإيمينية: البرولين.

➤ الأحماض الأمينية الحامضية

و هي الأحماض التي يحتوي فيها الجذر –R- على مجموعة كربوكسيلية إضافية فهي ثنائية الكربوكسيل. و تشمل : حمض الاسبارتيك و حمض الجلوتاميك.

➤ الأحماض الأمينية القاعدية

و هي التي يحتوي فيها الجذر –R- على مجموعة امينية إضافية.

و هي: الليزين، الارجنين و الهستيدين.

ويمكن لجسم الإنسان ان يخلق عشرة من الاحماض الامينية دون الحاجة إلى ضرورة تواجدها في الغذاء ، وتوصف هذه بانها احماضا غير ضرورية. اما العشرة احماض امينية الأخرى فلابد من توفرها فيما يتناوله الإنسان من مواد غذائية لضمان سلامة بناء البروتينات في الجسم . وتوصف هذه الاحماض الامينية بانها ضرورية. منها اثنان لازمان اثناء فترة النمو وهما الارجنين Arginine والهستدين Histidine . اما الثمانية الباقية من الاحماض الامينية الضرورية فهي :

ليوسين Leucine ، ايزوليوسين Isoleucine ليسين Lysine ، مثيونين Methionine فينيل الآنين Phenylalanine ، ثريونين Threonine تريتوفان Tryptophane ، فالين Valine

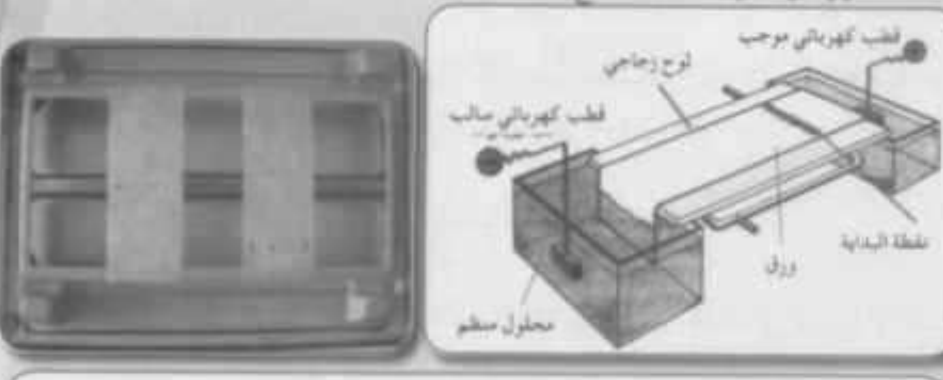
من خواص الأحماض الأمينية

الخاصية الأمفوتيرية للأحماض الأمينية

تستعمل تقنية الهجرة الكهربائية لدراسة الخاصية الأمفوتيرية للأحماض الأمينية، حيث تسمح هذه التقنية بفصل الأحماض الأمينية الحاملة لشحنة كهربائية عن جزيئات أخرى تحمل شحنة مخالفة حيث تتأثر الجزيئات الحاملة لشحنة كهربائية بفعل حقل كهربائي.

يتكون جهاز الهجرة الكهربائية من حوض يحتوي في طرفيه على غرفتين تحتويان على محلول منظم و يوجد في الغرفة الأولى قطب كهربائي سالب و في الثانية قطب موجب، تتصل الغرفتان عن طريق جسر مكون من شريط ورق مبلل بنفس المحلول المنظم.

تتم عملية الفصل بوضع نقطة من مخلوط الأحماض الأمينية المراد فصلها في منتصف الشريط الورقي ثم يطبق مجال كهربائي ذو فولطية ثابتة بالقطبين بمولد كهربائي. تتحرك الأحماض الأمينية داخل المجال الكهربائي فتتجه نحو القطب ذي الشحنة المعاكسة لشحنة الجزيء و بسرعة تتناسب مع هذه الشحنة.





مثال:

تجرى عملية الهجرة الكهربائية للأحماض الأمينية التالية: الأرجنين، الفالين،

... في وسط PH = 6.

• يترك الجهاز لمدة كافية ، ثم يجفف الورق و يلون بملونات مناسبة فتظهر لطخات تحدد الجزيئات المكونة للخليط. أما في حالة الجزيئات ثنائية القطب فإنها تكون متعادلة كهربائيا و بالتالي تبقى في نفس الموضع الابتدائي إذا كان $pH_i = pH$.

يمثل الرسم البياني نتائج فصل الأحماض الأمينية بتقنية الهجرة الكهربائية:



... ← حلل النتائج المحصل عليها و ماذا يمكنك استخراجه فيما يتعلق بسلوك الأحماض الأمينية في وجود محلول معدل قاعدي وفي محلول معدل حمضي (أي سلوك الأحماض الأمينية في الوسط الحمضي و في الوسط القاعدي).

تحليل و استنتاج : الخاصية الأمفوتيرية

تحتوي جميع الأحماض الأمينية على الأقل وظيفتين: حامضية (كربوكسيلية) وأمينية وهي مجموعات قابلة للتأين :

☜ تكون الأحماض الأمينية في المحاليل ذات PH المتعادل على شكل أيون ثنائي القطب (Zwittérion)، تكون فيه:

• مجموعة الأمين موجبة الشحنة (NH_3^+) و تكون فيه مجموعة الكربوكسيل سالبة الشحنة (COO^-)

• تكون الشحنة الإجمالية معدومة.

$$H_3N^+ - \underset{\underset{R}{|}}{CH} - COO^-$$

- تتغير شحنة الحمض الاميني بتغير PH الوسط حيث:
  - تسلك سلوك الحامض في الوسط القاعدي.
  - تسلك سلوك القواعد في الوسط الحامضي.
  - لذلك تسمى بالمركبات الأمفوتيرية.

$$R - \overset{\overset{NH_2}{|}}{\underset{\underset{H}{|}}{C}} - COOH \xrightarrow[\text{قاعدي}]{\text{وسط}} R - \overset{\overset{NH_2}{|}}{\underset{\underset{H}{|}}{C}} - COO^- + H^+$$

$$R - \underset{\underset{NH_2}{|}}{CH} - COOH + NaOH \longrightarrow R - \underset{\underset{NH_2}{|}}{CH} - COO^- + Na^+ + H_2O$$

$$R - \overset{\overset{NH_2}{|}}{\underset{\underset{R}{|}}{C}} - COOH + H^+ \xrightarrow[\text{حمضي}]{\text{وسط}} R - \overset{\overset{NH_3^+}{|}}{\underset{\underset{H}{|}}{C}} - COOH$$

$$R - \underset{\underset{NH_2}{|}}{CH} - COOH + HCL \longrightarrow R - \underset{\underset{NH_3^+}{|}}{CH} - COOH$$

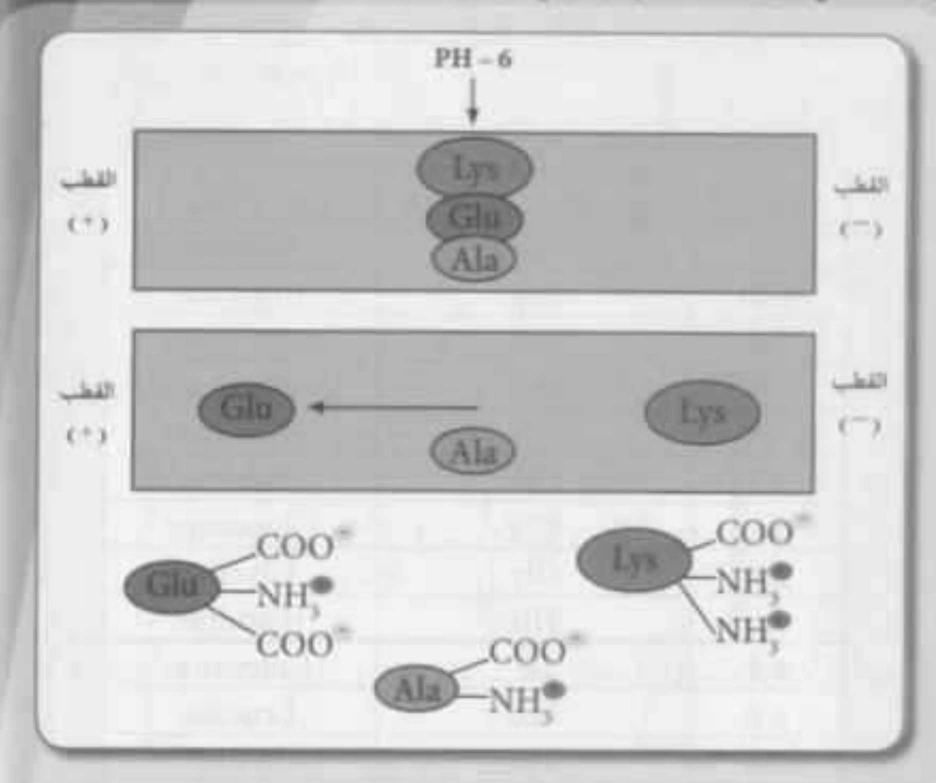
- في الوسط الحمضي تتاين الوظائف القاعدية للحمض الاميني فيكتسب شحنة موجبة.
- في الوسط القاعدي تتاين الوظائف الحمضية للحمض الاميني فتكتسب شحنة سالبة.
- عند قيمة معينة لل pH_i خاصة بنوع الحمض تتاين نصف الوظائف القاعدية و نصف الوظائف الحامضية، اي ان عدد الشحنات السالبة يساوي عدد الشحنات الموجبة وبالتالي

- يسمى الـ PH الموافق لهذه الحالة بنقطة التعادل الكهربائي و يرمز لها بالـ: PHI (PH Isoélectrique).
- لكل حمض اميني نقطة تعادل كهربائي خاصة به.

PHI	رمز الحمض بثلاثة أحرف	الحمض الأميني
6.0	Ala	Alanine
10.8	Arg	Arginine
5.4	Asn	Asparagine
3.0	Asp	Aspartic acid
5.0	Cys	Cysteine
3.2	Glu	Glutamic acid
5.7	Glu	Glutamine
6.0	Gly	Glycine
7.6	His	Histidine
6.1	Ile	Isoleueine
6.0	Leu	Leucine
9.8	Lys	Lysine
5.8	Met	Methionine
5.5	Phe	Phenylalanime
6.3	Pro	Proline
5.7	Ser	Serine
6.5	Thr	Threonine
5.9	Trp	Tryptophan
5.7	Tyr	Tyrosine
6.0	Val	Valine

- إذا كان PH الوسط اكثر حموضة من PHI الحمض الاميني حيث يتشبع الوسط بالبروتونات و بذلك تتاين الوظائف الأمينية.
- أما إذا PH الوسط اكثر قاعدية من PHI الحمض الاميني ، حيث الوسط مشبع بالهيدروكسيل يحدث هناك تحرير للبروتونات و بذلك تتاين الوظيفة الحامضية.

في المثال السابق المقارنة بين الهجرة الكهربائية للاحماض الامينية الثلاثة ALA، GLU، GLY:



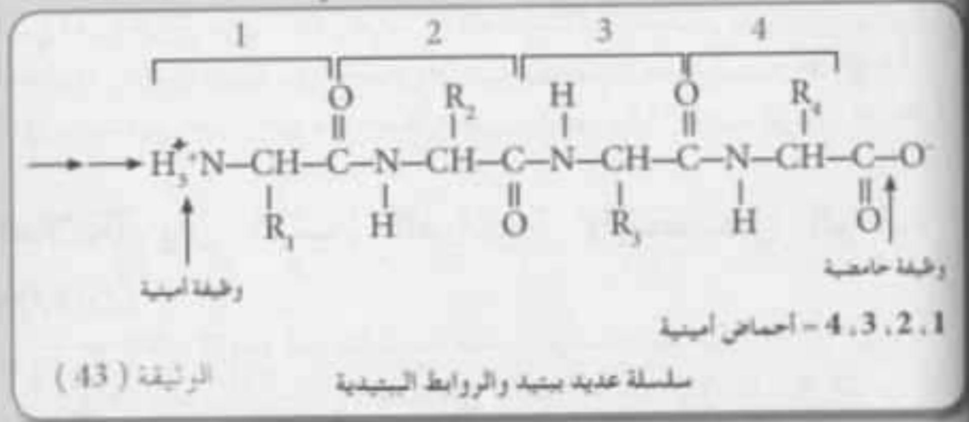
• الحمض الاميني ALA: تحركه في المجال الكهربائي معدوم لان PHI الالنين = درجة PH المحلول و تساوي 6

• الحمض الاميني GLU: تحركه في المجال الكهربائي تم نحو القطب الموجب فهو مشحون بالسالب و بالتالي فهو سلك سلوك الحمض في هذا الوسط ذو PH= 6 لان PHI ال GLU=3.2

• الحمض الاميني LYS: تحركه في المجال الكهربائي تم نحو القطب السالب فهو مشحون بالموجب و بالتالي فهو سلك سلوك القاعدة في هذا الوسط ذو PH= 6 لان PHI ال LYS=9.8

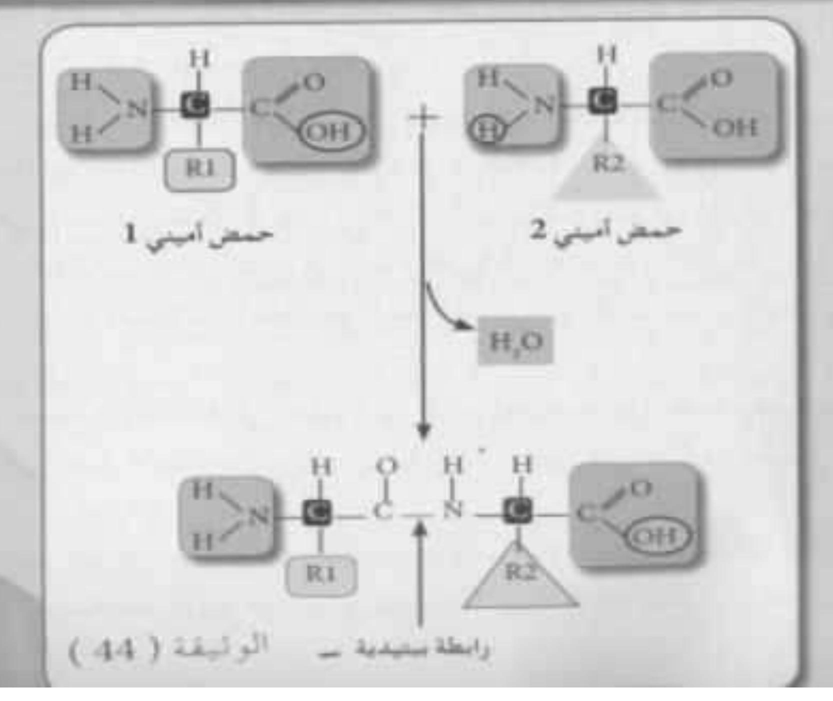
الرابطة الببتيدية

لاحظنا في مرحلة الترجمة لتصنيع البروتين العلاقة الناشئة بين الأحماض الأمينية حيث تنضم الأحماض الأمينية إلى بعضها فتشكل عديد الببتيد و يعبر عن ذلك بان الأحماض الأمينية ترتبط مع بعضها برابطة ببتيدية و هي رابطة تكافؤية ، و نقول عن رابطة أنها رابطة تكافؤية إذا اشتركت ذرتين بثنائية الكترونية، بحيث تقدم كل ذرة إلكترونا حرا من طبقتها السطحية. و في الوثيقة (43) الروابط الببتيدية في سلسلة عديد الببتيد .



1، 2، 3، 4 - أحماض أمينية

الوثيقة (43) سلسلة عديد ببتيد والروابط الببتيدية



الوثيقة (44)

...← استخرج كيفية تشكيل الرابطة الببتيدية بين حمضين أمينيين متتاليين انطلاقا مما تقدمه الوثيقة(44) و مفهوم الرابطة التكافؤية.

الاستنتاج : الرابطة الببتيدية

تتحد الأحماض الأمينية مع بعضها البعض لتكون المركب البروتيني ويبدأ ذلك باتحاد حمضين أمينيين معا لتكوين ما يسمى " ثنائي الببتيد" **Dipeptide** ويشمل ذلك على تفاعل بين المجموعة الأمينية لحمض أميني مع مجموعة الكربوكسيل لحمض أميني آخر.وخروج جزئ ماء ، وتعرف الرابطة الناشئة بين الحمضين الأمينيين باسم الرابطة الببتيديه. وبارتباط المزيد من الأحماض الأمينية ينتج لدينا عديد الببتيد **Polypeptide** الذي قد يشتمل على حوالي مائة حمض أميني وبذلك يبدأ الحديث عن بنية البروتين.

العلاقة بين البنية الفراغية والتخصص الوظيفي للبروتين

من المعلوم ان بنية البروتينات بعد عملية الترجمة تأخذ شكلا ثلاثي الأبعاد.

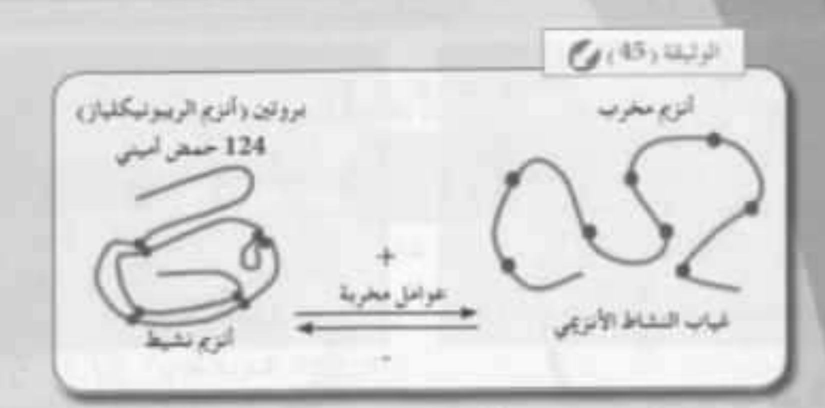
و قد بينت الدراسة ان اغلب البروتينات الوظيفية كالأنزيمات و الهرمونات و البروتينات الناقلة تتخذ مثل هذا الشكل ، فهل لهذا الشكل علاقة بالوظيفة، و لدراسة هذه العلاقة قدم العالم **Anfinsen** هذه التجربة :

استعمل **Anfinsen** أنزيم الريبونيوكلياز(أنزيم مفكك للARN) الذي يتكون من سلسلة ببتيدية ذات **124** حمض أميني، من بين الـ**124** حمض أميني هناك **8** حموض أمينية هي السستئين تشكل **4** جسور ثنائية الكبريت كما يبدو في الوثيقة (45) هذه الروابط ثنائية الكبريت التي تدخل في الحفاظ على إنطواء السلسة وبالتالي على بنية ثالثية ناتجة عن إندماج التمثيلات الأساسية من النمط الحلزوني وإلتناءات حسب الابعاد الثلاثية في الفراغ.

اخضع **Anfinsen** في خطوة اولى الانزيم لمعاملة بعوامل مخربة وخاصة مركب اليوريا التي تعيق الانطواء وβ مركب إيثانول الذي يعمل على تفكيك الجسور ثنائية الكبريت الوثيقة (45) .

بعد المعاملة لاحظ ان الانزيم فقد نشاطه (حيث لا تستطيع إماهة الARN).

و في خطوة ثانية فصل الأنزيم عن العوامل المخربة فلاحظ ان الانزيم يستعيد نشاطه الطبيعي تدريجيا.



و في خطوة ثالثة و بعد المعاملة بالمخربات يفصل الأنزيم عن هذه المخربات و لكن يضاف إليه مركب اليوريا ، يلاحظ أن الانزيم لا يستعيد نشاطه رغم عودة الجسور ثنائية الكبريت.

...← من تحليل هذه النتائج التجريبية أستخرج العلاقة بين البنية ثلاثية الأبعاد والتخصص الوظيفي للبروتينات

الاستنتاج

إضافة إلى الروابط الببتيدية التي تميز البنية الأولية للبروتينات تظهر روابط جديدة يحافظ بها التركيب البنائي الثالثي للبروتين ثلاثي الابعاد على ثباته.

أغلب الروابط التي تحافظ على هذا التركيب الفراغي هي روابط ضعيفة و غير تساهمية. أهمها:

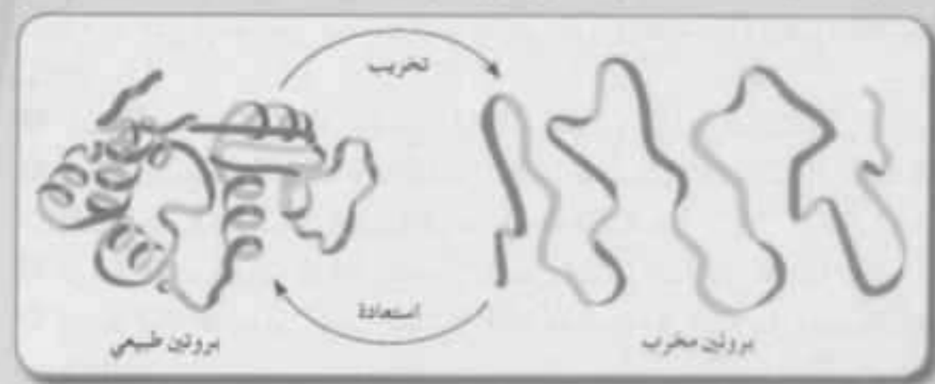
1. الجسور ثنائية الكبريت الناتجة عن ارتباط جزيئتين من حمض السستئين.
2. الروابط الملحية (الشاردية) الناتجة عن تجاذب الشحنات المتعاكسة الموجودة على السلاسل الجانبية للأحماض الأمينية القاعدية و الحامضية.
3. الروابط الهيدروجينية الناتجة عن بعض المجموعات في السلاسل الجانبية .
4. الروابط الكارهة للماء: تجاذب السلاسل الكارهة للماء مثل السلاسل الجانبية لـ Phe, Ile, Leu.

روابط هيدروجينية
روابط كارهة للماء
روابط شاردية
روابط كبريتية

أنواع الروابط

إن العوامل المخربة تؤدي إلى كسر الروابط مثل كسر الرابطة ثنائية الكبريت مما يؤدي إلى فقد بعض الخواص الطبيعية (البناء الفراغي) والذي يترتب عنه فقدان نشاط البروتين .

إن عدم الانطواء الطبيعي للبروتين بفعل أي معيق (مانع) يؤدي إلى تكوين الجسور (مثل الجسور الكبريتية في حالة انزيم الريبونيكلياز) في مواضع تختلف عن المواضع الاصلية لها، أي ان الانزيم لا يكون نشطا إلا إذا ارتبطت مجموعات SH بطريقة محددة و معلومة كما أشرف عليها الـ ARNm (الشفرة الوراثية).



لتسلسل الاحماض الامينية وترتيبها اهمية في وظيفة البروتين واحسن مثال على ذلك الخلل الوراثي في مرض فقر الدم المنجلي (الانيميا)، حيث لوحظ ان استبدال حمض أميني محب للماء (Glu) على السطح الخارجي للبروتين بحمض اميني كاره للماء (Val) يؤدي إلى تكوين نقاط كارهة للماء على السطح الخارجي .



10 cm
Val His Leu Thr Pro Glu Glu ....
1 2 3 4 5 6 7

الخلاصة

تعتبر بنية البروتينات تنظيم محكم يشمل عدة تعقيدات مدرجة حيث نميز نمطين اساسين لهذه التنظيمات و المتمثلين في البنية الليفية و الكروية هذه الاخيرة تشمل الأغلبية الساحقة من البروتينات التي تتميز بنشاط بيولوجي هام إذ تعتبر المسؤولة على النشاط التحفيزي (activité catolytique) اي انزيمات ولهذا تؤخذ كمثال اساسي للتطور الثلاثي الأبعاد.

من الممكن ان يكون للبروتينات تركيب عشوائي في الفراغ ،إذا كانت الروابط الببتيدية هي الروابط التركيبية الوحيدة فيها ولكن هذا يختلف عن الحقيقة لان سلاسل عديد الببتيد التي توجد في البروتين تلتف حول نفسها لتكون تركيبا متخصصا يسمى بالتركيب ثلاثي الابعاد و الذي يعبر عنه ببنية البروتين حيث يعتمد الشكل التركيبي للبروتين اي بنيته هذه على ترتيب الأحماض الامينية الداخلة في تركيبه لان ثبات هذا التركيب البروتيني يرجع إلى التفاعلات الداخلية غير التساهمية التي تتم في الجذور R لبواقي الأحماض الامينية التي توجد في السلسة الببتيدية وهذه التفاعلات غير التساهمية ينجم عنها تشكل روابط هيدروجينية – و هيدروفوبية (كارهة للماء) – وأخرى كهروستاتيكية (شاردية) كما تصادف في البروتين روابط تساهمية أخرى تتدخل في تحديد هذه البنية الفراغية الثلاثية والمتمثلة في ثنائية الكبريت (-S-S-) التي تنشا في R بواقي السيستيين cys .

في الحقيقة يصعب التعرف على التركيب البنائي للبروتين من مجرد معرفة التركيب المتتابع لبواقي الاحماض الامينية المكونة لسلاسله . ولكن الأشكال التركيبية المختلفة التي توجد في البروتينات نتيجة لاختلاف ترتيب احماضها الأمينية مثل التركيب

الثابت نتيجة الطاقة المتوفرة لتثبيت كل بروتين. بحسب ترتيبه المتميز في الأحماض الأمينية، ويجب ان نؤكد ان البروتينات ليست في حالة ثابتة ولكنها في حالة ديناميكية بإمكانها ان تتغير من بنيتها اثناء ادائها لوظيفتها البيولوجية. بالإضافة إلى ذلك فان المجموعات الخاصة بباقي الأحماض الأمينية (الجذور R) التي توجد على سطح البروتين لها حرية الحركة بدرجة محسوسة وذلك خلال المذيب الذي يحيط بها.

الوحدة التعلمية الثالثة
النشاط الأنزيمي

ترتبط الحياة في الكائنات الحية بحدوث المئات من التفاعلات الكيميائية المرتبطة بالأنشطة الحيوية مثل التنفس والهضم والإخراج والحركة والتركيب الضوئي وغير ذلك. وتحتاج هذه التفاعلات إلى وجود الإنزيمات.

والإنزيمات مركبات بروتينيه تعمل على إسراع التفاعلات الكيميائية في الكائنات الحية. وبدون الإنزيمات تسير هذه التفاعلات ببطء شديد أقرب إلى التوقف.

وتجدر الإشارة إلى أن الخلية الحية - التي قطرها في حدود 20 ميكرومتر فقط يحدث داخلها حوالي 1000 تفاعل كيميائي مختلف، ويرجع الفضل في تنظيم هذه التفاعلات إلى الإنزيمات التي يتحكم كل منها في تفاعل معين. وهناك أيضا إنزيمات تعمل خارج الخلايا مثل تلك التي تقوم بهضم الطعام في تجويف كل من الفم والمعدة والأمعاء.

